昆虫学报 Acta Entomologica Sinica, April 2006, 49(2): 342 - 348 ISSN 0454-6296

明亮熊蜂和意大利蜜蜂为温室草莓的授粉行为比较观察

李继莲,彭文君,吴 杰*,安建东,国占宝,童越敏,黄家兴

(中国农业科学院蜜蜂研究所,北京 100093)

摘要:蜜蜂和熊蜂都是理想的授粉昆虫,但熊蜂比蜜蜂更适合为温室果菜授粉,主要由于熊蜂和蜜蜂授粉时的活动方式不同。作者对明亮熊蜂和意大利蜜蜂为日光温室草莓授粉时的行为和活动方式进行了比较研究。结果表明,明亮熊蜂和意大利蜜蜂的授粉行为相似,但活动方式不同。明亮熊蜂开始访花的时间(8:00~8:05)比意大利蜜蜂(9:25~9:40)早,停止访花的时间(15:55~16:05)却比意大利蜜蜂(15:20~15:30)晚;开始访花的温度(12~13℃)也比意大利蜜蜂(>15℃)低,意大利蜜蜂在早晨和阴天不访花。明亮熊蜂个体的日活动时间 271.43±4.48 s,明显比意大利蜜蜂个体的日活动时间 180.00±2.64 s 长,差异显著;而采集时间为 105.71±1.16 s,显著长于意大利蜜蜂的 76.43±3.83 s。明亮熊蜂每分钟平均访花数为 8.44±0.44,极显著高于意大利蜜蜂每分钟的平均访花数 2.38±0.15;明亮熊蜂访花间隔为 3.81±0.42 s,极显著短于意大利蜜蜂的 6.0±0.48 s。明亮熊蜂访花具有选择性,每天访早期花平均为 55%,意大利蜜蜂则无选择性,每天访早期花平均为 34%,二者差异显著;在 9:00~12:00明亮熊蜂访早期花平均为 75%,意大利蜜蜂访早期花则仅为 31%。熊蜂在花间和花簇间活动频繁,平均移动距离为 5.2 m;而意大利蜜蜂很少在花簇间移动,平均移动距离只有 1.1 m。据此得出明亮熊蜂为日光温室草莓授粉的活动特性优越于意大利蜜蜂,从而产生更高的授粉效益。

关键词:熊蜂;蜜蜂;温室;草莓;授粉行为;活动方式

中图分类号:Q969 文献标识码:A 文章编号:0454-6296(2006)02-0342-07

Strawberry pollination by *Bombus lucorum* and *Apis mellifera* in greenhouses

LI Ji-Lian, PENG Wen-Jun, WU Jie*, AN Jian-Dong, GUO Zhan-Bao, TONG Yue-Min, HUANG Jia-Xing

(Institute of Apiculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: Bumble bees and honey bees are important pollinators, but bumble bees are more efficient than honey bees for pollinating fruits and vegetables in greenhouses, which is mainly due to the different activity patterns in pollination between bumble bees and honey bees. The behaviour and activity patterns of *Bombus lucorum* and *Apis mellifera* for pollinating strawberry in greenhouse were comparatively studied. The results showed that their behaviour on the flowers was quite similar, but activity patterns were different. *B. lucorum* visited flowers at 8:00 - 8:05 earlier than *A. mellifera* at 9:25 - 9:40, and ended at 15:55 - 16:05 later than *A. mellifera* at 15:20 - 15:30. *B. lucorum* began visiting flowers at lower temperature (12 - 13℃) than *A. mellifera* did (>15℃); moreover *A. mellifera* did not visit flowers in the early morning or cloudy day. The diurnal activity time of individual *B. lucorum* (271.43±4.48 s) was significantly longer than that of *A. mellifera* (180.00±2.64 s). The foraging time of *B. lucorum* was 105.71±1.16 s, significantly longer than that of *A. mellifera* (76.43±3.83 s). *B. lucorum* spent 3.81±0.42 s on shuttling between flowers, significantly shorter than that of *A. mellifera* (6.0±0.48) s. *B. lucorum* visited more flowers per minute (8.44±0.44) than *A. mellifera* did (2.38±0.15). *A. mellifera* bees were not particularly

---

基金项目:国家"863"项目"可控环境园艺作物动态生长模拟与优质高效生产技术"课题"可控环境果树授粉技术研究"子课题(2004AA247040-3)

作者简介:李继莲,女,1977年生,内蒙古人,硕士,主要从事授粉昆虫的研究,E-mail: bumblebeeljl@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: apis@vip.sina.com; bumblebeeljl@126.com

收稿日期 Received: 2005-04-20; 接受日期 Accepted: 2005-10-19

selective between strawberry flower with different ages，and they visited 34% young flowers per day. In contrast，*B*. *lucorum* strongly selected young flowers，and up to 55% of the flowers visited were young（$P <$ 0.05）；*B*. *lucorum* visited 75% young flowers at 9:00－12:00，whereas *A*. *mellifera* visited 31% young flowers at the same time. *B*. *lucorum* bees moved around more than did *A*. *mellifera*，and they frequently visited only one or two flowers in a patch and then flew some distance along the rows or between rows，with a mean“row length”per visit sequence of 5.2 m. In contrast，the mean“row length”for all *A*. *mellifera* visit sequences was just 1.1 m. It was so concluded that *B*. *lucorum* bumble bees are more efficient pollinators for greenhouse strawberry than *A*. *mellifera* honey bees.

Key words：Bumble bee；honey bee；greenhouse；strawberry；pollination behaviour；activity pattern

熊蜂 *Bombus* spp.属于膜翅目蜜蜂总科熊蜂属 *Bombus* Latreille，是一类多食性昆虫，其进化程度处于独居蜂到社会性蜜蜂的中间阶段，广泛分布于寒带、温带，特别在高纬度较寒冷的地区种类丰富，热带地区极少或无分布。熊蜂体粗壮，中型至大型，寿命长，浑身绒毛，有较长的吻，是多种植物特别是豆科、茄科植物的重要授粉者，对一些具有特殊气味的茄科作物如番茄、辣椒、茄子和深花冠作物如红三叶草 *Trifolium pratense* L.、白三叶草 *Trifolium repens* L.等授粉特别有效。大量研究表明在温室中熊蜂是比蜜蜂更为优良的授粉昆虫，熊蜂采集力旺盛，日工作时间长，能抵抗恶劣的环境，对低温、低光密度适应力强，即使在蜜蜂不出巢的阴冷天气，熊蜂仍继续出巢采集；熊蜂的趋光性比较差，不会像蜜蜂那样碰撞棚壁；熊蜂也没有象蜜蜂那样灵敏的信息交流系统，能专心为温室作物授粉，很少从通气孔飞出去；世界上 250 000 种被子植物中有 8%是声振植物，而且大部分的声振植物不泌蜜，熊蜂最大的优点是为声震作物和无花蜜植物授粉特别有效，蜜蜂既不能为声震植物授粉，也不愿意为无花蜜的植物授粉（Herinrich，1979；Stanghellini *et al*.，2002；吴杰，2003；彭文君等，2003）。野生熊蜂经过人工饲养，利用其为温室蔬菜和果树授粉，不仅可以提高产量、降低畸形果率，而且可以改善果实品质，避免激素处理造成的化学污染。熊蜂授粉技术是设施农业（果菜类）实现优质、安全、高效生产的重要配套技术之一，在 20 世纪初就有许多国家开始饲养熊蜂并获得成功。目前，新西兰、欧洲和北美的许多国家已开始进行熊蜂的大规模商业性饲养，丹麦、荷兰和比利时是现今饲养熊蜂最多的国家（Dogterom *et al*.，1998；Dag *et al*.，2001；Morandin *et al*.，2001）。

我国从 1996 起开始研究熊蜂的周年繁育与应用技术。到目前为止，已从我国的十几种本土野生熊蜂中，筛选出具有重要授粉利用价值的熊蜂 3 种：明亮熊蜂 *Bombus lucorum* Linnaeus、红光熊蜂 *B*. *ignitus* Smith 和火红熊蜂 *B*. *pyrosoma* Morawitz。熊蜂的人工饲养已取得成功并较好地为温室果菜授粉，效果显著。其中明亮熊蜂 *B*. *lucorum* 在我国华北地区的燕山山脉、太行山脉分布广泛，该种熊蜂易于人工饲养，群势强大，授粉性能优良，具有重要的研究利用价值。近年来，明亮熊蜂已成为中国农科院蜜蜂研究所授粉中心最主要的繁育、研究和授粉用蜂种（梁诗魁，1999；安建东等，2004；童越敏等，2005）。

随着国民经济的快速发展，我国人民生活水平的日益提高，人们对优质农产品和无公害绿色食品的需求也与日俱增，反季节蔬菜及各种类型的温室在我国迅速发展起来，对授粉昆虫的需求也随之增长。蜜蜂和熊蜂都是理想的授粉昆虫，但熊蜂与蜜蜂相比，更适合为温室果菜授粉。大量研究表明，熊蜂为温室果菜如西红柿、辣椒、茄子、黄瓜、冬瓜、草莓、桃等授粉，在坐果率、单果重和产量上都比蜜蜂和人工授粉高效的多，更为重要的是熊蜂授粉可以提高果菜的品质，降低畸形果率。不仅如此，国外许多研究者从熊蜂和蜜蜂的授粉行为和活动习性方面进行了研究，更加深入地证实了熊蜂是一种更适合为温室果菜授粉的理想昆虫（Abak *et al*.，1995；Dogterom *et al*.，1998；安建东等，2001，2003；国占宝等，2003）。

日光温室栽培草莓经济效益好，深受果农欢迎，种植面积在不断增加，已成为一些乡村的重要经济来源和致富途径，但是如果缺乏授粉昆虫，将致使单位面积产量低、畸形果率高、营养品质差，影响经济效益。应用蜜蜂授粉，对提高草莓优质果的生产起到一定的作用，并成为一项常用技术，但蜜蜂作为授粉昆虫受环境条件局限，尚不能达到十分理想的效果，而熊蜂在日照少，气温低的条件下进行授粉则优越于蜜蜂，在坐果率、单果重、产量、降低畸形果率等

方面都比蜜蜂高效的多(Dogterom *et al*.，1998；余林生等，2001；李继莲等，2005)。但是,有关我国本土熊蜂和蜜蜂为日光温室草莓授粉的行为及活动特点的研究缺乏。为了了解明亮熊蜂 *Bombus lucorum* 和意大利蜜蜂 *Apis mellifera* 为温室草莓授粉的行为及活动方式,以及造成两种蜂授粉效果不同的原因,作者对明亮熊蜂和意大利蜜蜂在日光温室中为草莓授粉的行为及活动方式进行了比较研究,得出明亮熊蜂为日光温室草莓授粉的活动特性优越于意大利蜜蜂,从而产生更高的授粉效益,进一步阐明了明亮熊蜂是一种比意大利蜜蜂更适合为温室草莓授粉的理想昆虫。

1 材料与方法

1.1 样地

实验于 2004 年 12 月 ~ 2005 年 2 月在位于北京海淀四季青乡和朝阳来广营乡的农业部温室基地进行。温室类型为 PC 板节能日光温室,结构为二四双层砖墙,墙厚 0.6 m、高 2.1 m,脊高 3.1 m,内跨 6.5 m,长 100 m,后坡仰角 35°,温室顶部加盖一层由自动卷铺系统控制的复合保温被。

1.2 供试材料

供试草莓品种为 童子一号,2004 年 8 月 26 日播种,种植面积 75 m × 6 m,采用高畦栽培方式,株距 17 ~ 20 cm,行距 20 ~ 25 cm,垄距 60 m,黑色地膜,生长过程中采用常规的施肥和田间管理方法。所观察的明亮熊蜂 *B*. *lucorum* 来自中国农科院蜜蜂研究所授粉中心,意大利蜜蜂 *A*. *mellifera* 由中国农科院蜜蜂研究所蜂场提供。

1.3 实验方法

实验时将整个温室从中间用尼龙纱隔成两个小区——熊蜂授粉区和蜜蜂授粉区。每天观察记录熊蜂和蜜蜂的出巢、回巢时间及出巢的最低温度。随机抽取 100 只明亮熊蜂和 298 只意大利蜜蜂,每只蜂做好不同的标记。每天从 9∶00 ~ 16∶00,观察记录每分钟熊蜂和蜜蜂访花数,熊蜂和蜜蜂日活动时间(每只蜂从出巢到最后回巢所用时间的累积)、采集时间(每只蜂从出巢到最后回巢在所有采集的花上用的时间)、访花时间(蜂落在花上到采集结束)、访花间隔时间(访前一朵花结束到开始访下一朵花的时间间隔)。采用计数器和秒表进行观察记录每天出巢采集的标记蜂的活动情况,共记录了 60 天。

根据花开的时期不同可将草莓花分为:“早期花”,即一天内任何时候草莓花蕾张开花瓣,花瓣弯折彼此间超过 90°,雄蕊明显裂开,这个时期的花授粉最有效;“中期花”,花瓣弯折成水平方向 180°,花粉大部分露出而且一些花粉囊凋谢变暗,柱头颜色变暗;“末期花”,花瓣弯折度超过水平线,或已经变暗,花粉囊和柱头都变暗凋谢。每天从 9∶00 – 16∶00,记录熊蜂和蜜蜂访不同时期花的时间和数量,分别记录熊蜂和意大利蜜蜂访不同花期草莓花各 80 朵。试验重复 10 次。

1.4 数据统计与分析

用 SAS 软件进行数据的统计,计算熊蜂和蜜蜂访每朵花的时间、访花间隔时间、每分钟访花数,以及访不同时期花的时间的均值和标准差,并推导出每只蜂采集时间占其活动时间的百分比、每天每小时访早期花占所有时期花的百分比,用 Microsoft Excel 进行图形分析。

2 结果与分析

2.1 明亮熊蜂和意大利蜜蜂授粉行为及活动习性

明亮熊蜂和意大利蜜蜂为日光温室草莓授粉行为的观察实验结果得出,它们采集行为相似:在花瓣上落下,个体小的蜂落在雄蕊上,将喙伸到花管中吸取花蜜;通常围绕花作半圆或整圆飞行;当它们采集时都会接触到花粉囊,花粉将粘在它们胸部、额和眼睛的绒毛上,一部分花粉收到它们的花粉筐中,另外一部分花粉会被它们带到其他花上。

明亮熊蜂 100 只和意大利蜜蜂 298 只的活动习性观察得出,明亮熊蜂开始访花的时间为 8∶00 ~ 8∶05,停止访花时间为 15∶55 ~ 16∶05,而意大利蜜蜂开始访花时间为 9∶25 ~ 9∶40,停止访花的时间为 15∶20 ~ 15∶30。明亮熊蜂出巢采集的最低温度为 12 ~ 13℃,而意大利蜜蜂在温度高于 15℃时才出巢采集,而且晴天温暖时活动才频繁,它们在早晨或阴冷的天气不出巢采集。明亮熊蜂个体平均日活动时间和采集时间分别为 271.43 ± 4.48 s,105.71 ± 1.16 s;意大利蜜蜂个体平均日活动时间和采集时间分别为 180.00 ± 2.64 s,76.43 ± 3.83 s,明亮熊蜂的日活动时间和采集时间均明显比意大利蜜蜂的日活动时间长,且差异显著($P < 0.05$)(图 1)。通过活动时间和采集时间可得出明亮熊蜂和意大利蜜蜂的采集时间分别占各自活动时间的平均值为 41.00% 和 45.61%,差异不显著($P > 0.05$),说明明亮熊蜂不仅日工作时间比意大利蜜蜂长,而且有效工作时间(采

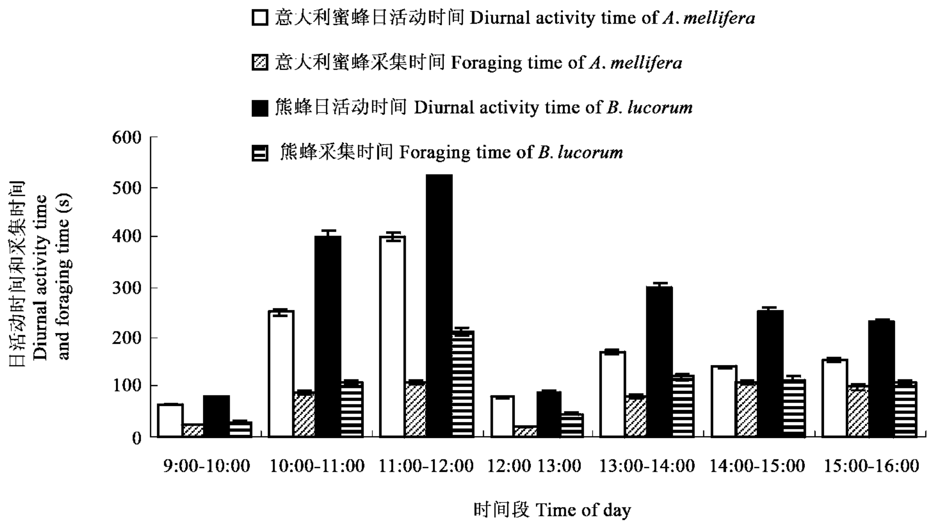

图 1　明亮熊蜂和意大利蜜蜂活动时间

Fig. 1　The activity time of *A*. *mellifera* and *B*. *lucorum*

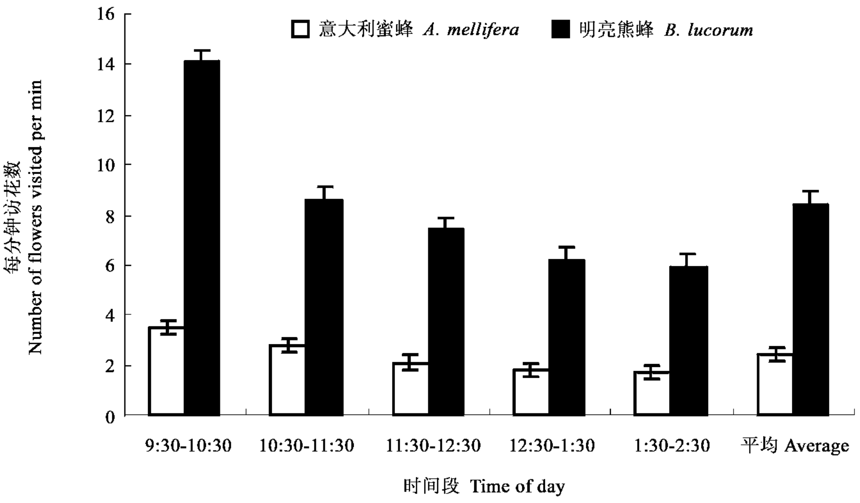

图 2　明亮熊蜂和意大利蜜蜂每分钟访草莓花数

Fig. 2　Number of flowers visited per min by *B*. *lucorum* and *A*. *mellifera*

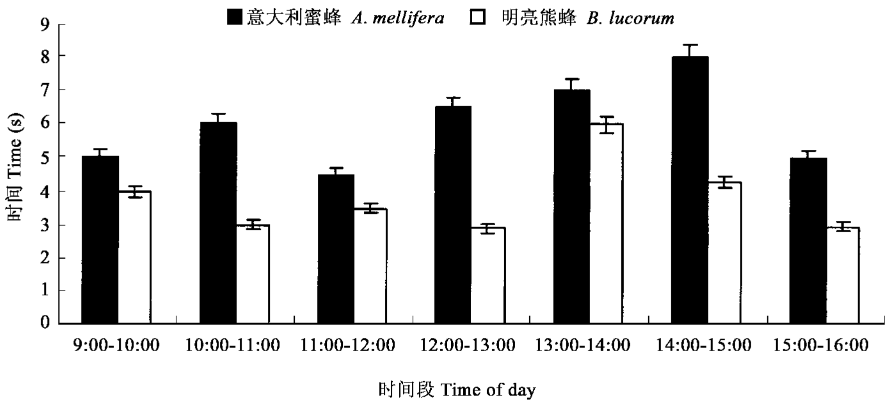

图 3　明亮熊蜂和意大利蜜蜂访花间隔时间

Fig. 3　Traveling time between flowers by *B*. *lucorum* and *A*. *mellifera*

集时间)也长。

2.2 明亮熊蜂和意大利蜜蜂的访花率

100 只明亮熊蜂和 298 只意大利蜜蜂的访花率的观察得出,每只明亮熊蜂每分钟平均访花数为 8.44 ± 0.44,每只意大利蜜蜂每分钟平均访花数为 2.38 ± 0.15,明亮熊蜂的访花率极显著高于意大利蜜蜂的访花率($P < 0.01$)(图 2)。明亮熊蜂访花间隔时间为 3.81 ± 0.42 s,极显著短于意大利蜜蜂的访花间隔时间 6.0 ± 0.48 s,差异极显著($P < 0.01$)(图 3)。

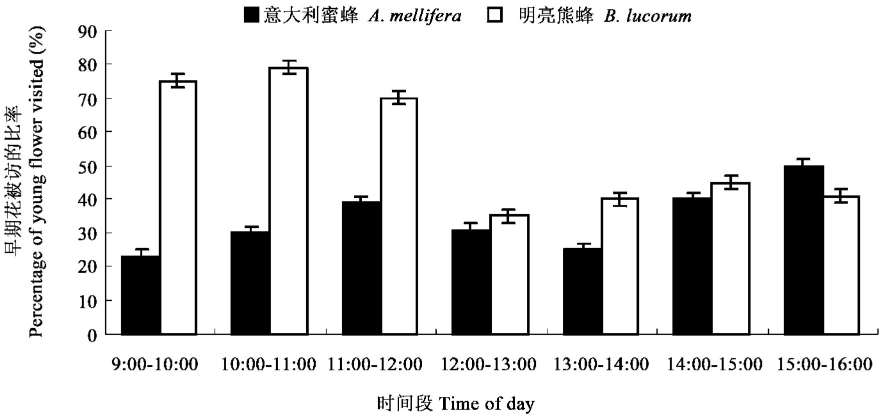

图 4 明亮熊蜂与意大利蜜蜂访早期花的比率

Fig. 4 Percentage of young flowers visited by *B. lucorum* and *A. mellifera*

2.3 明亮熊蜂和意大利蜜蜂对花期的选择性

明亮熊蜂对花期具有选择性,每天访早期花平均为 55%,意大利蜜蜂则无选择性,每天访早期花平均为 34%,差异显著($P < 0.05$);在 9:00 ~ 12:00 明亮熊蜂访早期花平均为 75%,到了下午它们选择性不强,访早期花平均只占 43%;意大利蜜蜂在 9:00 ~ 12:00 早期花也只占访 31%(图 4)。熊蜂在花间和花簇间活动频繁,平均移动距离为 5.2 m;而蜜蜂很少在花簇间移动,所观察的 298 只蜜蜂只有 14 只蜂在花簇间移动,平均移动距离只有 1.1 m。熊蜂和蜜蜂访不同时期花的时间差异都不显著(表 1)。

表 1 明亮熊蜂和意大利蜜蜂访不同花期草莓花的时间

Table 1 Time spent on flowers in different stages for *B. lucorum* and *A. mellifera*

时间段 Time of day	访每朵花的时间 Time spent on one flower (s)					
	明亮熊蜂 *B. lucorum*			意大利蜜蜂 *A. mellifera*		
	早期花 Young flower	中期花 Middle flower	末期花 Old flower	早期花 Young flower	中期花 Middle flower	末期花 Old flower
9:00 – 10:00	6.5 ± 0.65	3.0 ± 0.78	3.2 ± 1.20	9.4 ± 1.50	12.8 ± 1.30	14.3 ± 2.30
10:00 – 11:00	7.3 ± 0.78	6.0 ± 0.96	8.6 ± 1.50	11.5 ± 1.50	19.3 ± 1.50	20.1 ± 2.91
11:00 – 12:00	8.6 ± 1.20	6.3 ± 0.81	7.3 ± 0.98	8.3 ± 1.40	9.4 ± 0.98	6.2 ± 2.98
12:00 – 13:00	9.6 ± 0.98	6.1 ± 0.75	6.7 ± 1.60	3.2 ± 0.98	12.1 ± 1.60	3.5 ± 2.50
13:00 – 14:00	10.2 ± 0.78	6.8 ± 0.68	9.0 ± 0.78	10.6 ± 0.97	12.1 ± 1.20	3.1 ± 2.45
14:00 – 15:00	11.8 ± 0.96	9.6 ± 0.90	14.0 ± 1.30	13.5 ± 1.50	14.6 ± 0.90	3.9 ± 2.30
平均值 Average	9.0 ± 0.79 a	6.3 ± 0.86 a	8.1 ± 1.40 a	9.4 ± 1.40 a	13.4 ± 1.40 a	8.5 ± 2.90 a

注:表中数据为平均值 ± 标准误,同行数据后附有相同字母表示彼此间差异不显著($P > 0.05$)。

Note: Date are mean ± *SE*, and those followed by the same letters indicate no difference at $P > 0.05$ level.

3 讨论

本研究的明亮熊蜂和意大利蜜蜂为温室草莓授粉的授粉行为相似但具体活动方式不同,活动方式是影响蜂授粉效果的主要因素,这与国外许多研究者的结果一致(Dag and Kammer, 2001; Stanghellini *et al*., 2002; Smith *et al*., 2005)。Stanghellini 等(2002)研究 *A. mellifera* 和 *B. impatiens* 为黄瓜和西瓜授粉的活动方式得出 *A. mellifera* 和 *B. impatiens* 出巢采集时间分别为 7:20 ~ 7:30 和 6:55 ~ 7:05,出巢采集温度分别为高于 22℃和 20.2 ~ 21.3℃。本文中的明亮熊蜂和意大利蜜蜂出巢采集时间分别为 8:00 ~ 8:05 和 9:25 ~ 9:40,出巢采集温度分别为 12 ~ 13℃和高于 15℃。本研究结果与 Stanghellini 等(2002)的研究结果不同的原因可能有以下两方面:

一是蜂种的不同；二是授粉作物的花期不同。Hiei 和 Suzuki（2001）只从访花频率方面研究，得出不同蜂种的访花率不同，产生不同的授粉效益。本研究得出影响明亮熊蜂和意大利蜜蜂的授粉效益不仅仅是访花率，日活动时间、访花时间、访花间隔时间等方面都会影响蜂的授粉效益。本文中的明亮熊蜂的日活动时间比意大利蜜蜂的长，访花时间和访花间隔时间比意大利蜜蜂的短，日活动时间和有效工作时间更长；明亮熊蜂在花间和花簇间活动频繁，平均移动距离为 5.2 m，而蜜蜂很少在花簇间移动，所观察的 298 只蜜蜂只有 14 只蜂在花簇间移动，平均移动距离只有 1.1 m。以上结果说明明亮熊蜂的工作效率更高，从而产生的授粉效益更高。此外本文研究发现明亮熊蜂和意大利蜜蜂对花期的选择性也影响授粉效益，我们观察到早期花的花粉更有效且更有利于花之间的传播授粉，而且上午正是花粉成熟的高峰期，本文中的明亮熊蜂每天访早期花平均为 55%，意大利蜜蜂平均为 34%；在 9：00～12：00 明亮熊蜂访早期花平均为 75%，到了下午它们选择性不强，平均只访 43% 的早期花，意大利蜜蜂在 9：00～12：00 访 31% 的早期花。

本研究过程中同时观察到明亮熊蜂的趋光性差，在光照强的时候，也不会碰撞棚壁，而且蜂箱放入温室后打开巢门，很快就有熊蜂出巢采集；意大利蜜蜂的趋光性很强，在棚壁上经常有死蜂，蜜蜂蜂箱放入温室后打开巢门，需要经过一段时间才有蜜蜂出巢采集，即使在温室中适应后，采集能力和工作效率也不如熊蜂。除此之外，熊蜂优越于蜜蜂的另一特点是熊蜂可以在冬季繁育蜂群，熊蜂是以单只蜂王越冬，人工饲养技术打破熊蜂蜂王滞育后，可以冬季繁育蜂群用于温室果菜授粉，而蜜蜂是以整个蜂群越冬，特别是在北方冬季，蜜蜂的越冬管理较困难（Röseler，1985；Maryann，2005）。近几年中国农科院蜜蜂研究所授粉中心繁育的明亮熊蜂每年为北京及周边地区的温室草莓及其他果菜授粉，如农业部温室基地、北京市植保站温室基地等。随着我国熊蜂周年繁育的各个技术环节（温度、诱导方法、饲料配方、交配技术等）的不断提高和工厂化、规模化饲养技术的发展（梁诗魁等，1999；彭文君等，2003；Wu *et al*.，2005），熊蜂将逐渐代替蜜蜂成为温室果菜最为理想的授粉昆虫。

参考文献（References）

Abak K，Kaftanoglu O，Sari N，Paksoy M，Yeninar H，1995. Effciency of bumblebees on the yield and quality of eggplant and tomato grown in unheated glasshouses. *Acta Hort*.，421：268－274.

An JD，Li L，Sun YS，2001. A study on the effect of bumble bee pollination to greenhouse tomato. *Journal of Honeybee*，(9)：3－5.［安建东，李磊，孙永深，2001. 熊蜂温室西红柿授粉的效果研究. 蜜蜂杂志，(9)：3－5］

An JD，Tong YM，Guo ZB，Peng WJ，Wu J，2004. A study of the bumblebees for pollinating eggplants in greenhouses. *Apiculture of China*，55(3)：7－8.［安建东，童越敏，国占宝，彭文君，吴杰，2004. 熊蜂为温室茄子授粉试验. 中国养蜂，55(3)：7－8］

An JD，Xing YH，Peng WJ，Guo ZB，Tong YM，Wu J，2003. Releasing of bumblebees for pollinating peach in greenhouses. *China Fruits*，(5)：13－14.［安建东，邢艳红，彭文君，国占宝，童越敏，吴杰，2003. 日光温室桃园释放熊蜂授粉试验. 中国果树，(5)：13－14］

Dag A，Kammer Y，2001. Comparison between the effectiveness of honey bee（*Apis mellifera*）and bumble bee（*Bombus terrestris*）as pollinators of greenhouse sweet pepper（*Capsicum annuum*）. *American Bee Journal*，141(6)：447－448.

Dogterom MH，Matteoni JA，Plowright RC，1998. Pollination of greenhouse tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii*（Hymenoptera：Apidae）. *Journal of Economic Entomology*，91：71－75.

Guo ZB，Li NG，Sun YS，Wu J，Tong YM，Peng WJ，An JD，2003. A study of the bumblebees for pollinating white gourd in greenhouses. *Journal of Bee*，(6)：3－4.［国占宝，李乃光，孙永深，吴杰，童越敏，彭文君，安建东，2003. 熊蜂为温室冬瓜授粉的效果研究. 蜜蜂杂志，(6)：3－4］

Heinrich B，1979. "Majoring" and "Minoring" by foraging bumblebees，*Bombus vagans*：an experimental analysis. *Ecology*，60：245－255.

Hiei K，Suzuki K，2001. Visitation frequency of *Melampyrum roseum* var. *japonicum*（Scrophulariaceae）by three bumblebee species and its relation to pollination efficiency. *Canadian Journal of Botany*，79(10)：1 167－1 174.

Li JL，Wu J，Peng WJ，Tong YM，An JD，Guo ZB，Huang JX，2005. Comparison of bumble bees（*B*. *lucorum*）and honey bees（*A*. *mellifera*）as pollinators for strawberry grown in greenhouse. *Journal of Bee*，(7)：3－4.［李继莲，吴杰，彭文君，童越敏，安建东，国占宝，黄家兴，2005. 熊蜂和蜜蜂为日光温室草莓授粉效果的比较. 蜜蜂杂志，(7)：3－4］

Liang SK，Wu J，Peng WJ，Zhang GL，Wang JC，An JD，1999. Observation on the biology of bumblebees and their breeding in their laboratory. *Apiculture of China*，50(5)：17－18.［梁诗魁，吴杰，彭文君，张国良，王加聪，安建东，1999. 熊蜂的生物学观察及室内繁育. 中国养蜂，50(5)：17－18］

Maryann F，2005. Flight of the bumblebee：The use of bumblebees as pollinators in American greenhouses is becoming more commonplace. *Florida Grower*，98(4)：29.

Morandin LA，Kevan PG，Laverty TM，2001. Effect of bumble bee（Hymenoptera：Apidae）pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*，94(1)：172－179.

Peng WJ，Wu J，Guo ZB，An JD，2003. A study on mating of *Bombus*

lucorum under artificial conditions and the influential factors. *Journal of Bee*, (2): 3 - 4. [**彭文君, 吴杰, 国占宝, 安建东**, 2003. **人工控制下熊蜂** (*Bombus lucorum*) **交配及影响因素的研究. 蜜蜂杂志**, (2): 3 - 4]

Röseler PF, 1985. A technique for rear-round rearing of *Bombus terrestris* (Apidae, Bombini) colonies in captivity. *Apidologie*, 16(2): 165 - 170.

Smith-Ramirez C, Martinez P, Nunez M, Gonzalez C, Armesto JJ, 2005. Diversity, flower visitation frequency and generalism of pollinators in temperate rain forests of Chiloe Island, Chile. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 147(4): 399 - 416.

Stanghellini MS, Ambrose JT, Schultheis JR, 2002. Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumble bees on field-grown cucumber and watermelon. *Journal of Apicultural Research*, 40(1 - 2): 27 - 34.

Tong YM, Peng WJ, Xing YH, An JD, Guo ZB, Li JL, 2005. Study on the effects of three pollination methods to greenhouse apricot. *Journal of Honeybee*, (2): 3 - 4. [**童越敏, 彭文君, 邢艳红, 安建东, 国占宝, 李继莲**, 2005. **三种授粉方式对温室凯特杏的影响研究. 蜜蜂杂志**, (2): 3 - 4]

Wu J, 2003. The characteristics of several important bees and their use for pollination. *Apiculture of China*, 54(5): 24 - 25. [**吴杰**, 2003. **几种重要授粉蜜蜂的特性及授粉应用. 中国养蜂**, 54(5): 24 - 25]

Wu J, Peng WJ, An JD, Guo ZB, Tong YM, Li JL, 2005. Techniques for year-round rearing of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidae) in China. *Journal of Apicultural Science*, 49(1): 65 - 69.

Yu LS, Meng XJ, Fan ZY, 2001. A study on the benefit from honey bees for pollinating strawberry in greenhouse. *Journal of Bee*, (5): 10 - 11. [**余林生, 孟祥金, 樊宗元**, 2001. **蜜蜂为棚栽草莓授粉的效益分析研究. 蜜蜂杂志**, (5): 10 - 11]

(责任编辑 袁德成)